

Modelación de sistemas socioecológicos usando dinámica de sistemas

Reina-Mora, I.H., Hernández-Castillo, B. E., Díaz-Barrios, M. C., Rodríguez- Chaves, J., Obregón-Neira, N.

Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH), componente 2 – Gestión de la Salud de los Ecosistemas; Proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive; Fundación Natura, carrera 21 # 39 – 43, Bogotá D. C., Colombia.

Proceso iterativo por el cual se identifica la estructura dinámica de sistemas complejos. Representado en diagramas causales, cíclicos, de interdependencia entre variables. A través de la elaboración de diagramas de niveles y flujos– términos cuantitativos de acumulaciones y tasas de cambio– se formulan ecuaciones no lineales que dan cuenta de las variables de estado del sistema analizado.

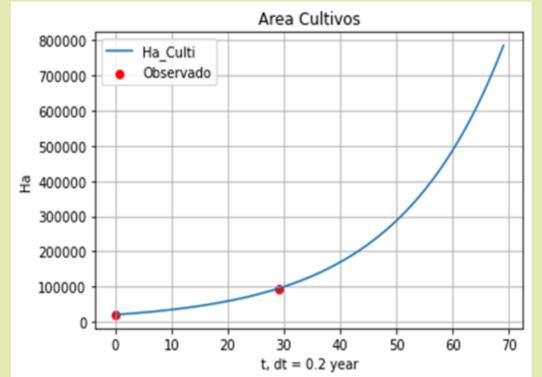
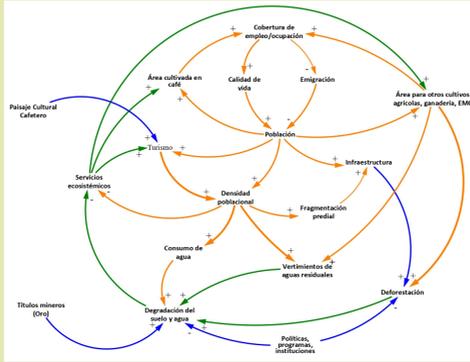
Realizada con información secundaria, proporciona datos sobre el área de estudio e inicia la identificación del aspecto de la realidad a modelar.

Determina las relaciones entre las diferentes variables y subsistemas, principales causas y efectos del comportamiento de las variables de almacenamiento y los ciclos de retroalimentación que explican el fenómeno analizado. Generan discusión y comprensión a través del análisis de cursos de acción o escenarios, construyendo un conjunto de consecuencias futuras.

Series de tiempo de los valores obtenidos por el modelo, producto de los parámetros calibrados. También se presentan valores de las diferentes variables observadas en el tiempo.



Caracterización social, económica y cultural

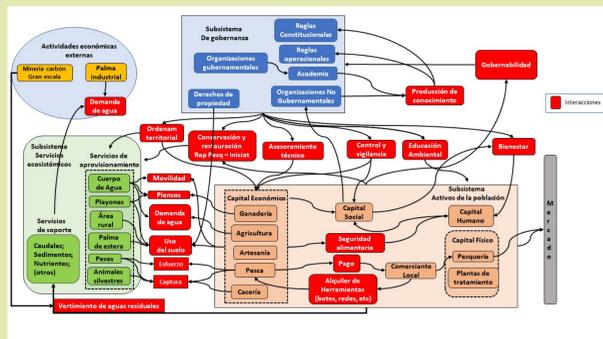


Resultados del modelo

Conceptualización Enfoque Socioecológico

Diagramas Causales

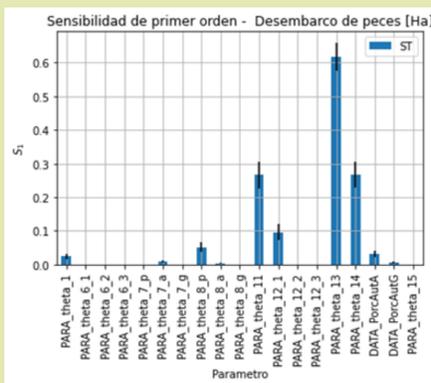
Diseño de interfaz



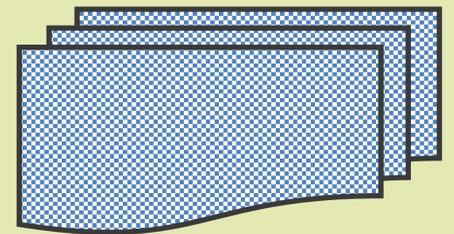
Programación código en Python

Desarrollo de una herramienta como objeto en entorno Python, permite la automatización del desarrollo de las ecuaciones, la manipulación de los parámetros para la simulación de escenarios y la generación de gráficas.

Calibración del modelo



Modelación de escenarios



A partir de la aplicación de marcos de análisis de sistemas socioecológicos (SSE) se conceptualiza el SSE de cada área.

Formulación de ecuaciones

$$\frac{dIngG}{dt} = \theta_2 * (1 - \%AutG) * \theta_3 * G$$

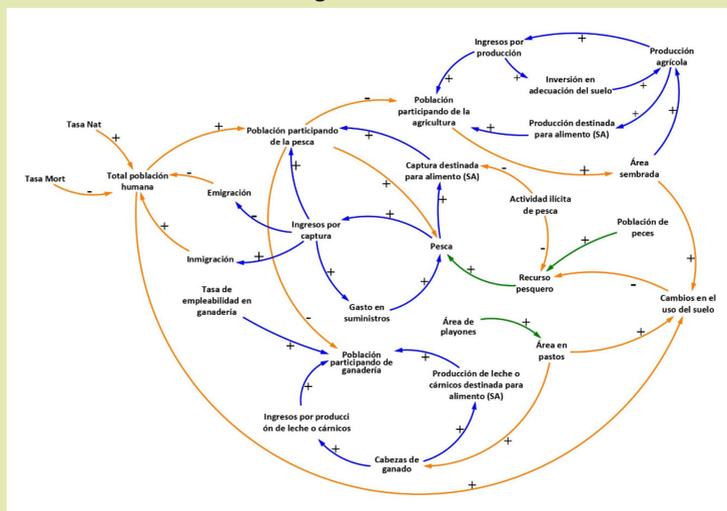
Expresiones matemáticas que dan cuenta de la influencia de variables tipo flujo sobre las variables tipo almacenamiento, representando la variación con respecto al tiempo.

Identificación de parámetros y registros históricos de estos, para mejorar la precisión de los valores de los parámetros encontrados. El orden de calibración de los parámetros se seleccionó dependiendo del número de variables dependientes observadas por medio del análisis de sensibilidad para cada parámetro.

Resultados de la simulación de dos tipos de escenarios, denominados extractivista y sostenible.

Ciénaga de Zapatosa

Diagrama Causal



Conceptualización Enfoque Socioecológico

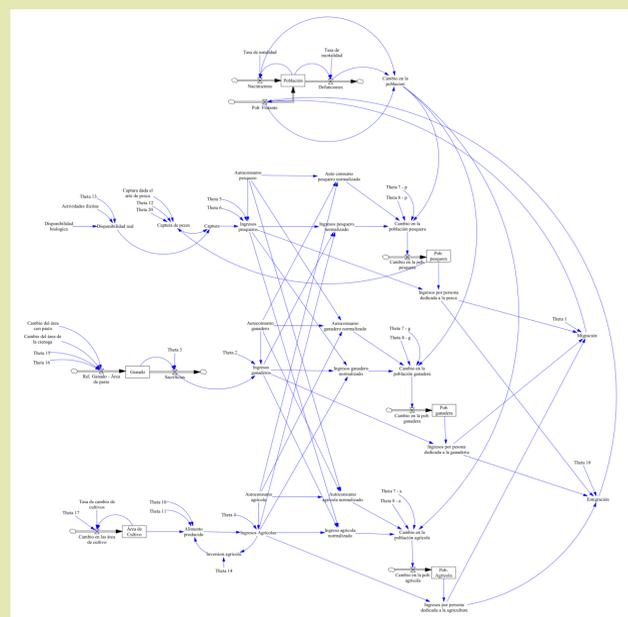
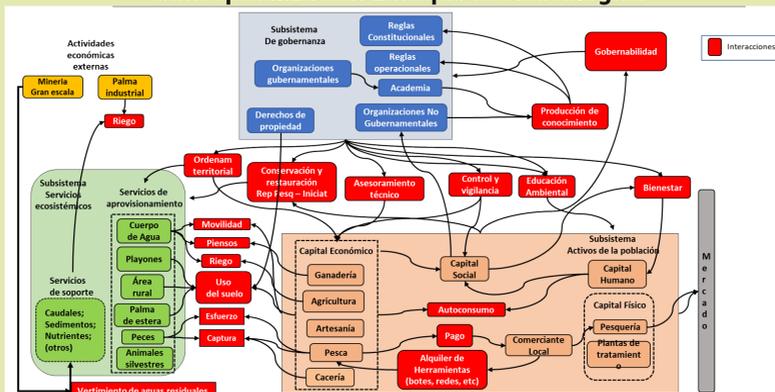
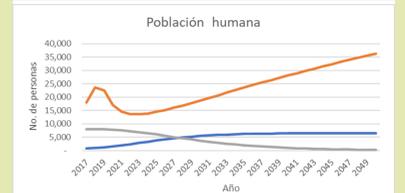
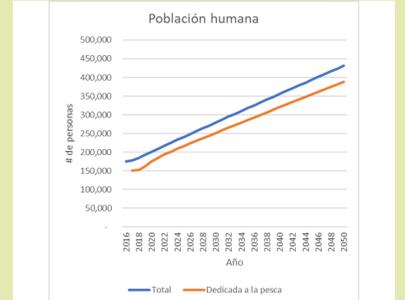


Diagrama de niveles y flujos - Ecuaciones del modelo

Población	$\frac{dP}{dt} = \left(\frac{P}{1000}\right) * \theta_{19} * (Nat - Mort) + \frac{dPf}{dt}$
Ingresos	$\frac{dIngG}{dt} = \theta_2 * (1 - \%AutG) * \theta_3 * G$
Población que desempeña cada actividad	$\frac{dPx}{dt} = dP * \theta_{7x} * \frac{\frac{dIngX}{dt}}{\max\left(\frac{dIngG}{dt}, \frac{dIngA}{dt}, \frac{dIngP}{dt}\right)} + dP * \theta_{8x} * \frac{\%AutX}{\max(\%AutG, \%AutA, \%AutP)}$
Actividades económicas	$\frac{dG}{dt} = \theta_{16} * \frac{dHaPas}{dt} - \theta_3 * G$

Resultado del modelo



Ciénaga de Ayapel

Conceptualización Enfoque Socioecológico

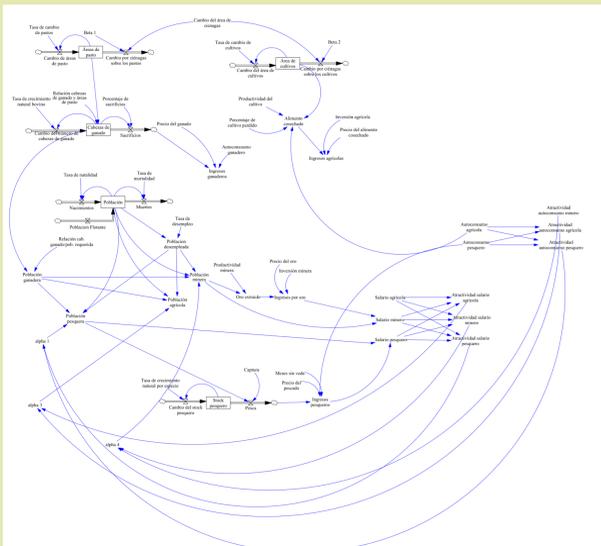
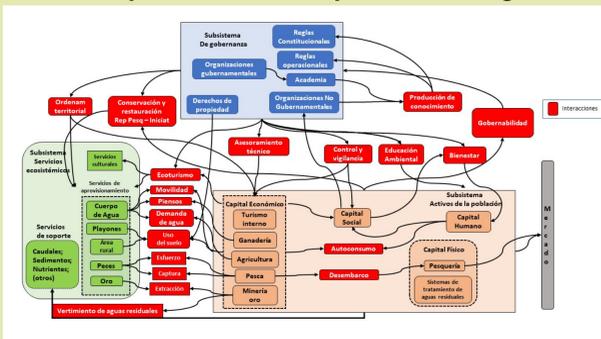
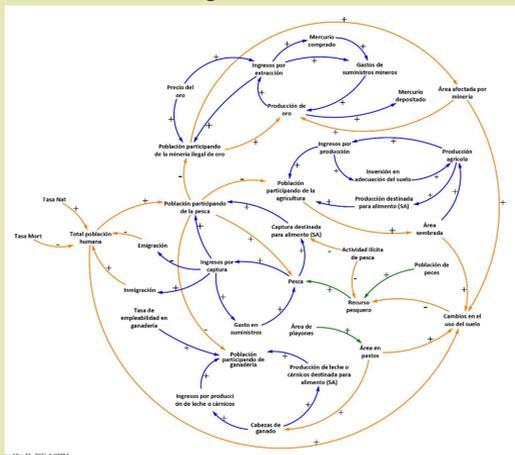


Diagrama Causal



Resultado del modelo

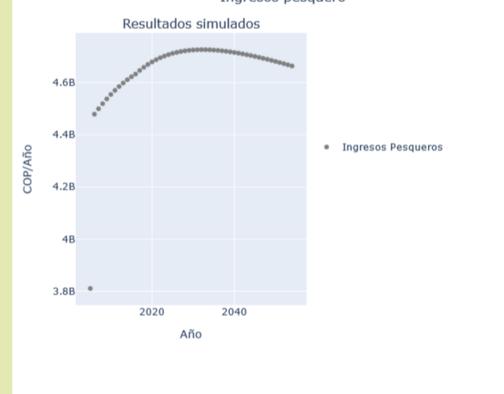
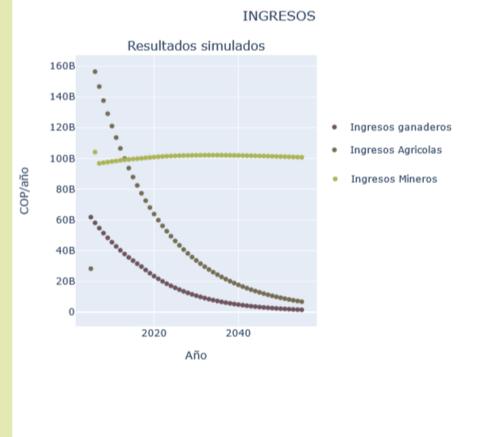
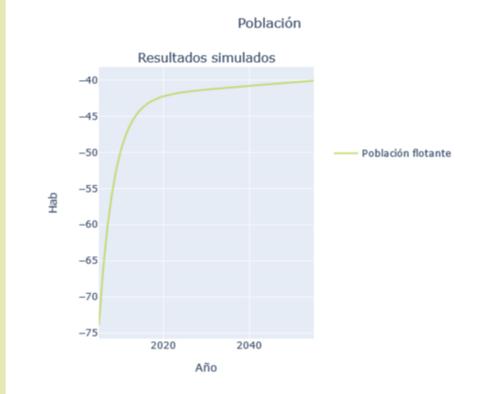


Diagrama de niveles y flujos - Ecuaciones del modelo

<p>Población:</p> $\frac{dP}{dt} = p * (Nat - Mort) + \frac{dPf}{dt}$	<p>Personas por actividad:</p> $PerG = SalAnualG$
<p>Ecosistema:</p> $\frac{dHaPas}{dt} = HaPas * TcPasto - \beta_1 * \frac{dC}{dt}$	<p>Atractividad salarial:</p> $ASalA = \frac{PerA}{PerA + PerM + PerP}$
<p>Producción:</p> $\frac{dG}{dt} = G * (TcNatGan - sac)$	<p>Atractividad autoconsumo:</p> $AAutA = \frac{AutoA}{AutA + AutG} + 0.66$ $AAutM = 0.33$
<p>Ingresos:</p> $IngG = PrecG * G * sac * (1 - AutG)$	<p>Porcentaje de personas dedicadas</p> $\alpha_1 = \frac{1}{3} * (\alpha_1 + ASalP + AAutP)$

Cuenca del río La Vieja

Conceptualización Enfoque Socioecológico

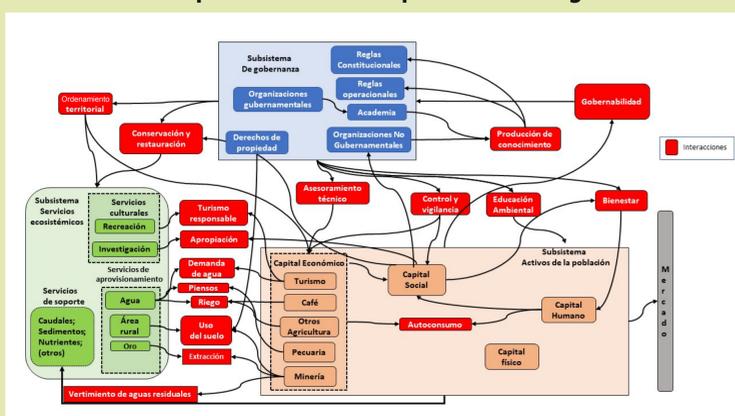


Diagrama de niveles y flujos - Ecuaciones del modelo

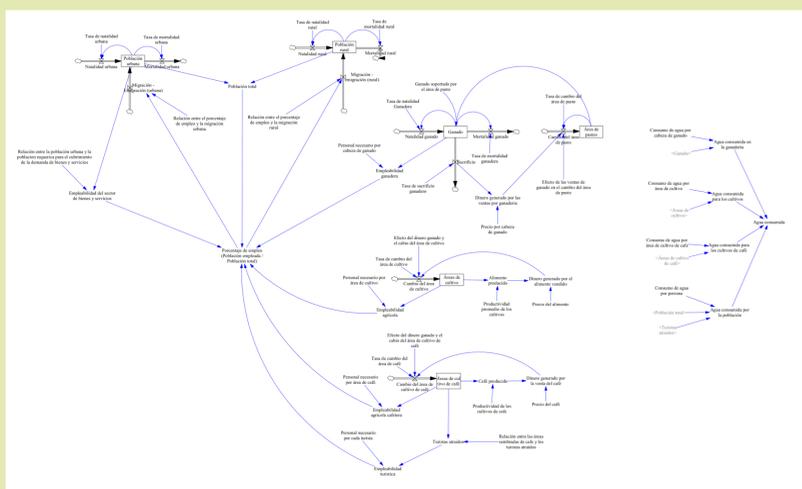
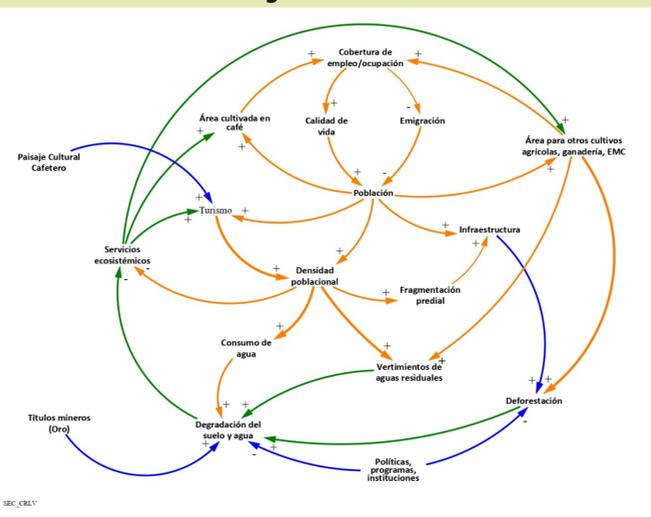
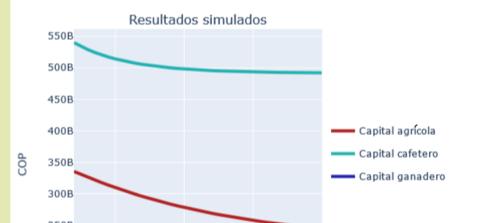
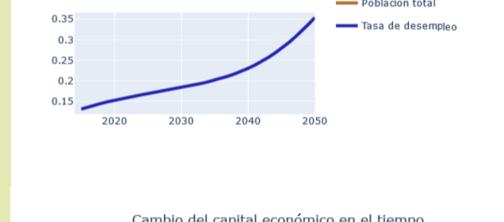


Diagrama Causal



Resultado del modelo



<p>Stocks</p> $\frac{dACafe}{dt} = TasaCafe * ACafe * \left(1 - \frac{ACafe}{ACafeTend}\right)$ $\frac{dACult}{dt} = TasaCult * ACult * \left(1 - \frac{ACult}{ACultTend}\right)$
<p>Flujos</p> $Pcul = Pc Cult * ACult$ $Pcaf = Pc Caf * ACaf$
$GmaxSoportado = APas * Soporte$
<p>Otras ecuaciones</p> $PTotal = Prural + Purb$ $GSac = 0.52 (ICA, 2021) * G$